

# ORGANIC ELECTROLUMINESCENT ELEMENT

Publication number: JP2004014360

Publication date: 2004-01-15

Inventor: KIMURA HIROSHI

Applicant: FUJI ELECTRIC HOLDINGS

Classification:

- international: *H05B33/26; H01L51/50; H05B33/14; H05B33/22; H05B33/26; H01L51/50; H05B33/14; H05B33/22; (IPC1-7): H05B33/26; H05B33/14; H05B33/22*

- european:

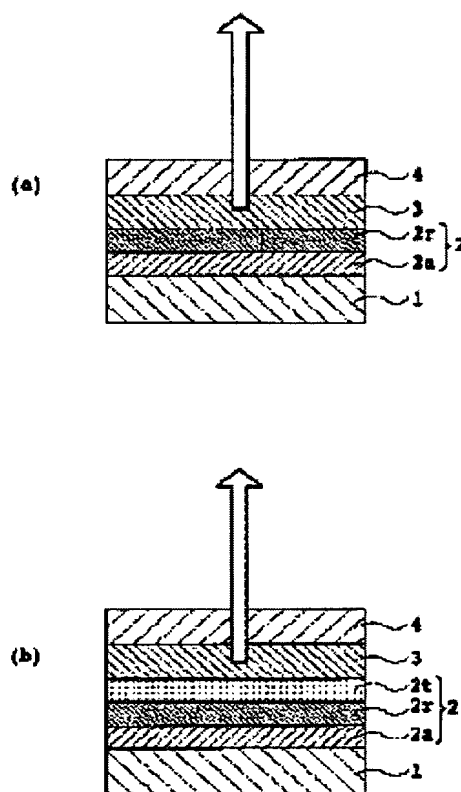
Application number: JP20020167547 20020607

Priority number(s): JP20020167547 20020607

Report a data error here

## Abstract of JP2004014360

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an organic electroluminescent element with few pixel short circuits and dark spots and with a high light-taking out efficiency.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-14360

(P2004-14360A)

(43) 公開日 平成16年1月15日(2004.1.15)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

F1

テーマコード (参考)

H05B 33/26

H05B 33/26

Z

3K007

H05B 33/14

H05B 33/14

A

H05B 33/22

H05B 33/22

Z

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2002-167547 (P2002-167547)  
 (22) 出願日 平成14年6月7日 (2002.6.7)

(71) 出願人 000005234  
 富士電機ホールディングス株式会社  
 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号  
 (74) 代理人 100077481  
 弁理士 谷 義一  
 (74) 代理人 100088915  
 弁理士 阿部 和夫  
 (74) 代理人 100106998  
 弁理士 橋本 傳一  
 (72) 発明者 木村 浩  
 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号  
 富士電機株式会社内  
 Fターム(参考) 3K007 AB03 CB01 CB04 CC01 DB03

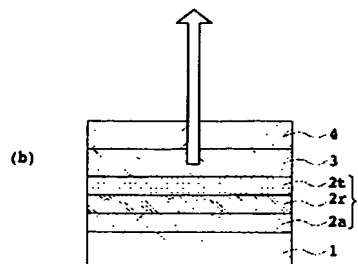
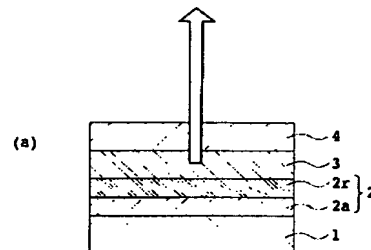
(54) 【発明の名称】 有機EL発光素子

## (57) 【要約】

【課題】 画素短絡およびダークスポットが少なく、かつ発光の外部取り出し効率の高い有機EL発光素子の提供。

【解決手段】 基板と、下部電極と、有機EL発光層と、上部電極とを含む有機EL発光素子において、下部電極は、アモルファス合金または微結晶金属を含む平坦性付与層と、反射性金属または合金を含む反射性付与層との2層構造であることを特徴とする有機EL発光素子。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、下部電極と、有機EL発光層と、上部電極とを含む有機EL発光素子において、前記下部電極は、アモルファス合金または微結晶金属を含む平坦性付与層と、反射性金属または合金を含む反射性付与層との2層構造であることを特徴とする有機EL発光素子。

## 【請求項 2】

前記反射性付与層の膜厚は、0.5～20nmであることを特徴とする請求項1に記載の有機EL発光素子。

## 【請求項 3】

前記下部電極は陽極であり、前記反射性付与層は4.8eV以上の仕事関数を有する金属または合金を含むことを特徴とする請求項1に記載の有機EL発光素子。 10

## 【請求項 4】

前記反射性付与層と前記有機EL発光層との間に透明導電性酸化物層をさらに含むことを特徴とする請求項1に記載の有機EL発光素子。

## 【請求項 5】

前記下部電極は陽極であることを特徴とする請求項4に記載の有機EL発光素子。

## 【請求項 6】

前記下部電極は陰極であり、前記透明導電性酸化物層と前記有機EL発光層との間に、アルカリ金属、アルカリ土類金属、あるいはそれらの酸化物、フッ化物、窒化物またはホウ化物で構成される層をさらに含むことを特徴とする請求項4に記載の有機EL発光素子。 20

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、有機EL発光素子に関する。より詳細には、素子短絡またはダークスポットのような欠陥が少なく、かつ発光の外部取り出し効率の高い有機EL発光素子に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

1987年にイーストマンコダック社のC. W. Tangにより2層積層構成のデバイスで高い効率の有機EL発光素子が発表されて以来(C. W. Tang, S. A. Van Slyke, Appl. Phys. Lett. 51, 913 (1987))、現在にいたる間に様々な有機EL発光素子が開発されて一部実用化し始めている。こうした中で有機EL発光素子の効率向上は実用上極めて重要な課題である。 30

## 【0003】

基板から光を取り出す所謂「ボトムエミッション」型素子の一例を図5(a)に示す。図5(a)の素子は、基板21上に、下部透明電極(陽極)22、正孔注入層23、正孔輸送層24、有機発光層25、電子輸送層26、電子注入層27、および上部電極(陰極)28が積層されている。有機EL発光素子では、有機発光層25からの光は、直接外部に向かう光と一度裏面で反射されて外部に向かう光とに分けられる。発光効率向上のためには、効率的に反射波を利用する必要がある。現在、ボトムエミッション型素子では、上部電極28である陰極にAlが使われることが多い。Alは反射率が高く最適な金属と言える。 40

## 【0004】

近年、有機ELディスプレイにおいては、アクティブマトリックス型の素子の開発が盛んに行われている。アクティブマトリックス駆動は、TFT基板を用いてその上に有機EL発光素子を作製しパネルを実現する。しかし、現状ではTFTや有機EL発光素子の特性バラツキが大きく、そのためバラツキ補正のために様々な駆動回路が提案されている。こうして、回路が複雑になると一画素を駆動するのに必要なTFT数が増加してしまう。TFT数が増加すると、下部電極の透明な面積部分に占めるTFT面積は増大し、それにとれない光を取り出すための面積が小さくなる。このような状況においては、「ボトムエミッション」型の素子より、光を上部電極側から取り出す「トップエミッション」型の方が 50

有利である。図5(b)にトップエミッション型素子の一例を示す。該素子は、TFT基板31の上に、反射性電極32、正孔注入性電極33、正孔注入層34、正孔輸送層35、有機発光層36、電子輸送層37、電子注入層38、および上部透明電極(陰極)39が積層して形成されている。

#### 【0005】

トップエミッション構造の有機EL発光素子に関して、上部透明電極(陰極)39の特許提案は数多く見られるが、下部電極に言及した提案は少ない(例えば、特開2001-43980号公報)。下部電極で要求される特性は、平坦性、キャリア注入性、および反射率である。通常トップエミッション構造の有機EL発光素子の下部電極として使用されているのは、金属膜(32、Alなど)の上に透明導電性酸化物(33、ITOなど)を製膜したものか、Pt電極などに直接有機膜を製膜する方法がある。

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、反射性電極32として単体の金属を使用する場合、金属の凝集や結晶化等により、表面の凹凸が大きくなってしまい表面平坦性は得られない。下部電極の凹凸(平坦性)はパネルの短絡やダークスポットの原因と言われており、パネルの見た目に特に影響し、実際に量産する際には特に重要なパラメータである。

#### 【0007】

一般的に反射膜として用いられるAlを、ガラス基板に3nmと100nm蒸着したときの表面領域(2 $\mu$ m角)をAFMにて測定した結果を、表1に示す。表1により、Alが成長するに従って表面凹凸が増加しているのが判る。

#### 【0008】

##### 【表1】

A1薄膜の表面粗さ

	表面平均粗さ(nm)	Peak to Valley(nm)
ガラス	0.21	3.06
Al(3nm)/ガラス	0.88	11.74
Al(100nm)/ガラス	2.74	38.85

#### 【0009】

このように膜成長にしたがって凹凸が増加する理由は、Alが結晶化しやすいためだと考えられる。すなわち、基板表面に到達したAlは、表面のある領域を比較的自由に移動できる(表面マイグレーション)。この過程で、吸着ポテンシャルが大きい所があると、その滞在時間が長くなり、結果としてその部分の成膜速度が速くなり、凹凸を作り出す原因となる。この吸着ポテンシャルの大きな部分とは、単体の金属の場合、結晶性の高い部分である。

#### 【0010】

有機EL発光層をこの反射膜上に作製する際に問題となることは、反射膜表面の凹凸である。有機EL発光層は全体の厚さが200nm程度と薄く、中でも電界の集中する電子輸送層は30nm程度ときわめて薄い。したがって、素子を作製する表面の凹凸が激しいと、電界集中が起こり、素子が短絡し、発光不能部(ダークスポット)が形成されてしまう問題がある。

#### 【0011】

したがって、高品質のトップエミッション方式の有機EL発光素子を製造する場合に、反射機能、トランジスタへの遮光機能および電極機能を併せ持ち、かつ表面凹凸の小さい反射膜を形成することが重要である。

#### 【0012】

また、TFTによるアクティブマトリクス駆動ではなくパッシブマトリクス駆動を行う有機EL発光素子においても、上記のように極めて薄い有機EL発光層を用いる。したがっ

てパッシブマトリクス駆動を行う場合においても表面凹凸の小さい反射膜を形成することが重要である。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の実施形態である有機EL発光素子は、基板と、下部電極と、有機EL発光層と、上部電極とを含む有機EL発光素子であって、前記下部電極は、アモルファス合金または微結晶金属を含む平坦性付与層と、反射性金属または合金を含む反射性付与層との2層構造であることを特徴とする。

【0014】

本発明の第2の実施形態である有機EL発光素子は、基板と、下部電極と、有機EL発光層と、上部電極とを含む有機EL発光素子であって、前記下部電極は、アモルファス合金または微結晶金属を含む平坦性付与層と、高反射性金属または合金を含む反射性付与層と、透明導電性酸化物層との3層構造であることを特徴とする。

【0015】

【発明の実施の形態】

本発明の第1の実施形態の有機EL発光素子を図1(a)に示す。図1(a)の素子は、基板1、平坦性付与層2a、反射性付与層2r、有機EL発光層3、および上部電極4を含み、ここで平坦性付与層2aおよび反射性付与層2rが下部電極2を構成することにより、高い平坦性および高い反射性を有する下部電極を実現した。

【0016】

本発明の基板は、駆動用のTFTが既に形成されているTFT基板であってもよい。また、パッシブマトリクス駆動の素子を形成する場合には、ガラス基板、プラスチック基板などを用いることができる。

【0017】

図3に、実際に低反射率のアモルファス金属(NiP)の上に高反射率金属(Pt)を堆積させた場合のコンピュータシミュレーション結果を示す。低反射率のアモルファス金属の上に堆積させる反射金属の厚さが増加するにつれて、表面の反射率は向上していくことが分かる。特に、400～500nmの波長領域の光の反射が著しく向上する。色変換方式有機ELディスプレイにおいて用いられる青～青緑色にて発光する有機EL発光素子において、この反射率の向上は有用である。

【0018】

平坦な面を有する平坦性付与層2aを得るための1つの方法は、完全なアモルファス相として平坦性付与層を成長させることである。アモルファス相として成長させる場合には、吸着ポテンシャルの大きな部分が発生しないので、平坦な膜を形成することが可能となる。

【0019】

アモルファス相として成長する素材として、合金を用いることが現実的である。合金がアモルファス相を形成するためには、合金を構成する元素の混合エンタルピーが負であり、かつ構成元素の原子半径比 $r/R$ (ただし、 $R > r$ である)が0.9以下、好ましくは0.85以下であることが望ましい。そのような組合せとしては、1)遷移金属-リン合金、2)遷移金属-ボロン合金、および3)遷移金属-ランタノイド合金を用いることができる。なお、本明細書において遷移金属とは、ランタノイドおよびアクチニウム系列を除く周期表第3族～第12族の元素を意味する(例えば、周期表の第4周期でいえば、Sc～Znの元素である)。また、本明細書において、ランタノイドとは、原子番号57(La)～71(Lu)までの元素を意味する。また、遷移金属として1つの元素を用いることもできるし、あるいは2つ以上の元素を用いることもできる。本発明において好ましい遷移金属は、Ni、Cr、Pt、Ir、Rh、Pd、Ruを含み、特に好ましいものはNiおよびCrである。本発明において特に好ましいアモルファス合金は、NiP、NiB、CrPおよびCrBである。

【0020】

平坦性付与層 2 a として遷移金属—リン合金を用いる場合、該合金は、10～50 原子%、好ましくは12～30 原子%のリンを含有することができる。平坦性付与層 2 として遷移金属—ボロン合金を用いる場合、該合金は、10～50 原子%、好ましくは12～30 原子%のボロンを含有することができる。あるいはまた、平坦性付与層 2 として遷移金属—ランタノイド合金を用いる場合、該合金は、10～50 原子%、好ましくは25～50 原子%のランタノイドを含有することができる。

#### 【0021】

平坦な面を有する平坦性付与層 2 a を得るための別の方法は、微結晶構造を採る合金を用いて平坦性付与層を形成することである。微結晶構造の合金の場合、個々の結晶粒が大きく成長しないので、結晶成長による凹凸の増大を抑制することが可能である。本発明において用いることができる微結晶構造の合金は、NiAl を含む。

10

#### 【0022】

次に、平坦性付与層 2 a の上に、反射性金属または合金を含む反射性付与層 2 r が形成される。反射性付与層 2 r は有機 EL 発光層 3 に接触しているので、有機 EL 発光層に対するキャリア注入性を有することも重要である。反射性付与層 2 r を形成するのに用いられる金属は、可視光～近紫外領域、好ましくは300～600 nm、より好ましくは400～500 nm の光に対する反射率が高いことが望ましい。反射性金属または合金は、Al、Cr、Ag、Mg、Pt、Au などの金属、1つ以上の前記金属の合金、または前記金属とアルカリ金属、カルシウムまたはバリウムとの合金など含む。

#### 【0023】

下部電極 2 を陽極として用いる場合、反射性付与層 2 r を仕事関数の大きい金属で形成して、有機 EL 発光層 3 に対するホール注入性を向上させることが好ましい。4.8 eV 以上の仕事関数を有する金属 (Pt、Au、Ni、Ru、Rh、Pd または Co) を用いることが好ましい。

20

#### 【0024】

下部電極 2 を陰極として用いる場合、反射性付与層 2 r を仕事関数の小さい金属または合金で形成することにより、有機 EL 発光層 3 に対する電子注入性を向上させることができる。好ましい金属は Al および Mg を含む。また、好ましい合金は、Al/Li または Ag/Mg のような、アルカリ金属、アルカリ土類金属の合金を含む。

#### 【0025】

本発明の反射性付与層 2 r は、反射性を付与すると同時に、表面平坦性を維持することが求められ、0.5～20 nm の厚さを有することが好ましい。平坦性付与層 2 a は、平坦性を付与すると同時に、反射性付与層 2 r と協働して反射性を向上させることが求められ、1～500 nm の厚さを有することが好ましい。各層が上記のような範囲の厚さを有することにより、反射性および表面平坦性に優れ、かつ基板に対する充分な遮光性を有する下部電極 2 を形成することが可能となる。

30

#### 【0026】

本発明の平坦性付与層 2 a および反射性付与層 2 r は、蒸着、スパッタ等の従来技術において知られている方法を用いて基板上に形成することができる。

#### 【0027】

次に、有機 EL 発光層 3 が下部電極 2 の上に形成される。本発明の有機 EL 発光素子においては、有機 EL 発光層 3 は、少なくとも有機発光層 1 3 を含み、必要に応じて、正孔注入層 1 1、正孔輸送層 1 2、電子輸送層 1 4 および/または電子注入層 1 5 を有する。図 2 に有機 EL 発光層 3 の構造の例を示した。図 2 (a) は、下部電極 2 が陽極の場合であり、反射性付与層 2 r の上に正孔注入層 1 1 が形成され、そして正孔輸送層 1 2、有機発光層 1 3、電子輸送層 1 4 および電子注入層 1 5 が積層されている。図 2 (b) は、下部電極 2 が陰極の場合であり、反射性付与層 2 r の上に、電子注入層 1 5、電子輸送層 1 4、有機発光層 1 3、正孔輸送層 1 2、正孔注入層 1 1 が順次積層されている。

40

#### 【0028】

上記各層の材料としては、公知のものが使用される。青色から青緑色の発光を得るために

50

は、有機発光層 13 中に、例えばベンゾチアゾール系、ベンゾイミダゾール系、ベンゾオキサゾール系などの蛍光増白剤、金属キレート化オキソニウム化合物、スチリルベンゼン系化合物、芳香族ジメチリジン系化合物などが好ましく使用される。また、電子注入層としては、キノリン誘導体（たとえば、8-キノリノールを配位子とする有機金属錯体）、オキサジアゾール誘導体、ペリレン誘導体、ピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、キノキサリン誘導体、ジフェニルキノロン誘導体、ニトロ置換フルオレン誘導体などを用いることができる。

#### 【0029】

次に、有機EL発光層 3 の上に、上部電極 4 が形成される。本発明の素子においては、上部電極 4 を通して光を取り出すので、上部電極 4 が透明であることが必要である。したがって、本発明の上部電極 4 として、ITO、IZO 等の透明導電性酸化物を用いることが好ましい。これらの透明導電性酸化物は、陽極として使用するのに好適な大きな仕事関数を有する。一方、上部電極 4 を陰極として用いる場合、透明導電性酸化物と有機EL発光層 3 の間に、仕事関数が小さい材料の層を設けて、電子注入効率を向上させてもよい。この場合の仕事関数が小さい材料としては、リチウム、ナトリウム等のアルカリ金属、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ストロンチウムなどのアルカリ土類金属、またはこれらのフッ化物等からなる電子注入性の金属、その他の金属との合金や化合物を用いることができる。電子注入効率を向上させるためには、10 nm 以下の厚さの仕事関数が小さい材料の層があれば充分であり、かつ必要とされる透明性を維持する観点からも好ましい。

#### 【0030】

本発明の第 2 の実施形態の有機EL発光素子を図 1 (b) に示す。図 1 (b) の素子は、基板 1、平坦性付与層 2a、反射性付与層 2r、透明導電性酸化物層 2t、有機EL発光層 3、および上部電極 4 を含み、ここで平坦性付与層 2a、反射性付与層 2r および透明導電性酸化物層 2t が下部電極 2 を構成する。この構成により、優れた平坦性および反射性を有し、かつ下部電極 2 からの反射光を有効に利用することが可能な有機EL発光素子を実現した。

#### 【0031】

下部電極 2 からの反射光を有効に利用するためには、有機EL発光層 3 から上部電極側に射出する光と、有機EL発光層 3 から発して下部電極 2 (反射性付与層 2r) で反射して射出する光とが干渉により強め合うことが好ましい。したがって、有機EL発光層 3 (有機発光層 13) と下部電極 2 (反射性付与層 2r) との間の層の厚さを調整して、前記の 2 つの光が強め合うような干渉を起こすようにすることが好ましい。

#### 【0032】

例として、図 1 (b) の構成の素子において、有機EL発光層 3 が図 2 (b) の構造の場合を説明する。この場合、有機発光層 13 と反射性付与層 2r との間にある層は、透明導電性酸化物層 2t、電子注入層 15 および電子輸送層 14 である。これらの各層の厚みを  $d_i$ 、屈折率を  $n_i$  とすると、有機発光層 13 から反射性付与層 2r までの光学的距離  $L$  は、これらの各層の光学的距離の和である式 (1) で与えられる。

#### 【0033】

##### 【数 1】

$$L = \sum_i n_i d_i \quad (1)$$

#### 【0034】

反射性付与層 2r と透明導電性酸化物層 2t との界面で光が反射する際には光の位相が反転するので、素子内部での干渉により強められる光の波長  $\lambda$  は、以下の式 (2) を満たす。

#### 【0035】

##### 【数 2】

10

20

30

40

$$L = \frac{2m+1}{4}\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (2)$$

## 【0036】

すなわち、有機発光層13の発光波長 $\lambda$ が式(2)を満たすように、電子輸送層14、電子注入層15および透明導電性酸化物層2tの膜厚を設計すれば、外部量子効率の向上が図られることとなる。しかし、電子注入層15の厚みは0.5～1nm程度と薄くする必要があることに加え、電子輸送層14の厚みを厚くすると素子の輝度劣化が顕著になるという問題があるために、本発明の有機EL発光素子では、透明導電性酸化物層2tの膜厚を設定して、素子内部で光の強度が減衰することなく外部に光を取り出すことで外部量子効率を向上させることが好ましい。

10

## 【0037】

透明導電性酸化物層2tとして好ましい材料は、ITOまたはIZOのような当該技術において知られている透明導電性酸化物である。透明導電性酸化物層2tの膜厚は、有機発光層13の発光波長および所望される出力光の波長に依存する。また、透明導電性酸化物層2tは有機EL発光層3に接触しているため、有機層に対するキャリア注入性に優れていることが必要である。下部電極2を陽極として用いる場合は、仕事関数の大きい透明導電性酸化物を有機EL発光層3と接触させることが好ましい。一方、下部電極を陰極として用いる場合には、透明導電性酸化物の上に、リチウム、ナトリウム等のアルカリ金属、カリウム、カルシウム、マグネシウム、ストロンチウムなどのアルカリ土類金属、あるいはそれらの酸化物、フッ化物、窒化物またはホウ化物の超薄膜(10nm以下)を設けて、電子注入性を付与することが可能である。前記電子注入性超薄膜を設けた場合には、該超薄膜を含めて式(2)を満たすことが好ましい。

20

## 【0038】

以上、図2(b)の有機EL発光層3を有する図1(b)の構成の素子において説明したが、他の構造を有する素子においても、有機発光層13と反射性付与層2rとの間にある層が式(2)を満たすように設計することが可能である。

## 【0039】

本実施形態の有機EL発光素子は、特定の波長の光の反射率のみを大きくさせることができるので、モノクロパネルやエリアカラーパネル、あるいは色変換方式のトップエミッション素子に特に有効である。

30

## 【0040】

本実施形態における基板1、平坦性付与層2a、有機EL発光層3および上部電極4は、第1の実施形態と同様のものを用いることができる。本実施形態における反射性付与層2rは、有機EL発光層3に対するキャリア注入性を考慮する必要がない点を除いて、第1の実施形態と同様である。

## 【0041】

好ましくは、本発明の有機EL発光素子は、上記の各構成要素を周囲環境から隔離するために封止される。封止材料としては、酸素および湿度透過性が低いこと、堅牢性が高いこと、伝熱性が高いこと等が求められる。さらに封止材料を通して有機EL発光素子からの光を取り出す場合には、有機EL発光素子の発光に対して透明であることが求められる。例えば、透明な封止基板を、アクリル樹脂などの封止樹脂を用いて有機EL発光素子に対して接着して、封止を実施することができる。

40

## 【0042】

本発明の有機EL発光素子は、有機EL発光層3からの光をそのまま用いてもよいし、あるいは蛍光色変換材料の層を設けて有機EL発光層3からの光を波長変換して用いてもよい。蛍光色変換材料の層は、上部電極4の上に積層してもよいし、あるいは別の透明基板の上に積層して色変換フィルターを形成し、該色変換フィルターをEL素子の上に貼り合わせてもよい。これらの層形成および貼り合わせ(貼り合わせに必要な層の形成を含む)は慣用の手段を用いて行ってもよい。

50



## 【0043】

また、本発明の有機EL発光素子は、単一の光を発してもよいし、あるいは異なる色の複数の光を発してもよい。好ましくは、赤、緑、青の各発光部をマトリクス上に配列した色変換フィルターと組み合わせて、ディスプレイとして用いられる。ディスプレイとして用いる場合、TFTなどのような制御素子を用いてアクティブマトリクス駆動を行ってもよいし、あるいは直交する2つの方向に延びるラインパターンを有する上下の電極を用いてパッシブマトリクス駆動を行ってもよい。

## 【0044】

## 【実施例】

## (実施例1)

ガラス基板上に、アモルファス金属として $\text{Ni}_3\text{P}$ を100nm積層し、その上に厚さ7nmおよび14nmのCrを積層した。その表面をAFMにより観察して平均粗さを測定し、また波長450nmの光の反射率を測定した。表2に測定結果を示す。

## 【0045】

## (実施例2)

$\text{Ni}_3\text{P}$ に代えて、膜厚100nmの $\text{NiAl}$ を積層したことを除いて、実施例1を繰り返した。表2に測定結果を示す。

## 【0046】

## 【表2】

2層膜の平均粗さ(Ra)と450nm光の反射率

平坦性付与層	Cr膜厚(nm)	平均粗さRa(nm)	波長450nmの光の反射率(%)
$\text{Ni}_3\text{P}$	0	0.21	40
$\text{Ni}_3\text{P}$	7	0.25	55
$\text{Ni}_3\text{P}$	14	0.29	65
$\text{Ni}_3\text{P}$	100	1.25	—
$\text{NiAl}$	14	0.28	65

## 【0047】

Crからなる反射性膜を形成することにより、反射率が向上した。反射率はCrの膜厚が大きくなるにつれて、大きくなった。また、Crを100nm積層した場合には平均粗さRaが著しく増大するのに対して、Cr膜厚7nmおよび14nmの場合、平均粗さRaはほとんど増大せず、良好な反射率と表面平坦性との両立が可能であった。

## 【0048】

## (実施例3)

ガラス基板上に、アモルファス金属として $\text{Ni}_3\text{P}$ を100nm積層し、その上に厚さ15nmのCrおよび厚さ220nmのIZOを積層してサンプルを得た。Crを積層しないことを除いて同様にして、比較対象サンプルを得た。さらに、Cr層のみを積層したサンプルを得た。それらの表面の反射率の波長依存性を測定し、結果を図4に示した。図4から分かるように、Cr層のみの場合には、近紫外～可視域にかけてほぼ均一の反射率を有するのに対し、IZO層を設けた2つの例では、480nm付近の反射率を選択的に高くすることができた。また、IZO層を設けた2つの例の比較では、反射性金属であるCrの層を設けた場合に、480nm付近の反射率を著しく増大させることができた。

## 【0049】

## (実施例4)

ガラス基板上に、 $\text{Ni}_3\text{P}$ の組成を持つターゲットを用いるスパッタ法により、平坦性付与層2aとして100nmの厚さの $\text{Ni}_3\text{P}$ 膜を作製した。次に、反射性付与層2rとし

て厚さ7nmのAgをスパッタ法にて積層した。さらに、透明導電性酸化物層2tとして厚さ220nmのIZOをスパッタ法にて積層した。

#### 【0050】

以上の積層物を通常のプロセスにて、2mm×2mmの寸法を有するパターンを形成して、下部電極2とした。この下部電極2を陽極として用いる。その後に、この表面を室温において酸素プラズマを用いてクリーニングした。

#### 【0051】

この陽極上に有機EL発光層3を成膜した。その構造は、有機膜として正孔注入層11/正孔輸送層12/発光層13/電子輸送層14/電子注入層15の5層構造とし、正孔注入層として銅フタロシアニン(CuPc)を100nm積層し、正孔輸送層として4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル( $\alpha$ -NPD)を20nm積層した。さらに、発光層として4,4'-ビス(2,2-ジフェニルビニル)ビフェニル(DPVBi)を30nm積層し、電子輸送層としてアルミニウムトリス(8-キノリノラート)(Alq)を20nm積層した。最後に、電子注入層としてLiFを1nm積層した。

#### 【0052】

これらの成膜を終了した後、真空を破らずに、スパッタ法にて無定形のIn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:ZnO(ZnOモル比で5%)を200nm作製し、これを陰極とした。これにより、2mm×2mmの寸法の画素を複数個有する有機EL発光素子が得られた。

#### 【0053】

(実施例5)

反射性付与層2rとして厚さ7nmのAlをスパッタ法にて積層したことを除いて、実施例4を繰り返して有機EL発光素子を得た。

#### 【0054】

(実施例6)

反射性付与層2rとして厚さ7nmのCrをスパッタ法にて積層したことを除いて、実施例4を繰り返して有機EL発光素子を得た。

#### 【0055】

(比較例1)

平坦性付与層および反射性付与層の代りに厚さ100nmのAlを積層したことを除いて、実施例4を繰り返して有機EL発光素子を得た。

#### 【0056】

(比較例2)

反射性付与層を形成しなかったことを除いて、実施例4を繰り返して有機EL発光素子を得た。

#### 【0057】

実施例4～6および比較例1～2の有機EL発光素子に関して、画素中の微小な欠陥について検討した。順方向に電流を流して、画素を顕微鏡で観察すると数 $\mu$ m～数十 $\mu$ mの非発光の点(ダークスポット)が観察される。比較例1の素子では2mm角の画素中に平均でおよそ30個程度のダークスポットが観察されるが、実施例4～6および比較例2の素子では、いずれもダークスポットが存在しなかった。

#### 【0058】

次に、実施例4～6および比較例1～2の有機EL発光素子に関して、同一電流密度における輝度について比較した。反射性付与層2rを持たない比較例2に比べて、本発明の各実施例はより高い輝度を示し、特に反射性付与層2rとしてAlまたはAgを用いた場合に、従来型のAl反射層を有する比較例1と同等の輝度を示した。

#### 【0059】

以上の結果を表3にまとめた。本発明にしたがって平坦性付与層および反射性付与層を有する有機EL発光素子は、ダークスポットがなく、かつ輝度(外部取り出し効率)の高い素子であることが明らかとなった。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

【表 3】

例	ダークスポット (2mm角当たり)	同一電流密度における相対輝度 (比較例1を基準とする)
実施例4	0	1.00
実施例5	0	1.00
実施例6	0	0.85
比較例1	30	1.00
比較例2	0	0.75

10

【 0 0 6 1 】

## 【発明の効果】

本発明にしたがって、平坦性付与層および反射率付与層の積層構造を有する下部電極を有することにより、画素短絡およびダークスポットが少なく、かつ外部取り出し効率の高い有機EL発光素子を作製することができた。

20

【 0 0 6 2 】

さらに、反射率付与層と有機EL発光層との間に適切な厚さを有する透明導電性酸化物層を設けて特定波長の光の反射率を高めることにより、該特定波長の光の外部取り出し効率が向上した有機EL発光素子ができた。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の有機EL発光素子の概略断面図であり、(a)は第1の実施形態、および(b)は第2の実施形態を示す図である。

【図2】本発明の有機EL発光素子の発光層の構造を示す概略断面図であり、(a)は下部電極が陽極の場合、および(b)は下部電極が陰極の場合を示す図である。

30

【図3】本発明の下部電極の効果のコンピュータシミュレーション結果を示すグラフである。

【図4】本発明の第2の実施形態の下部電極の反射率の波長依存性を示すグラフである。

【図5】慣用の有機EL発光素子の構造を示す概略断面図であり、(a)はボトムエミッション型、(b)はトップエミッション型の素子を示す図である。

## 【符号の説明】

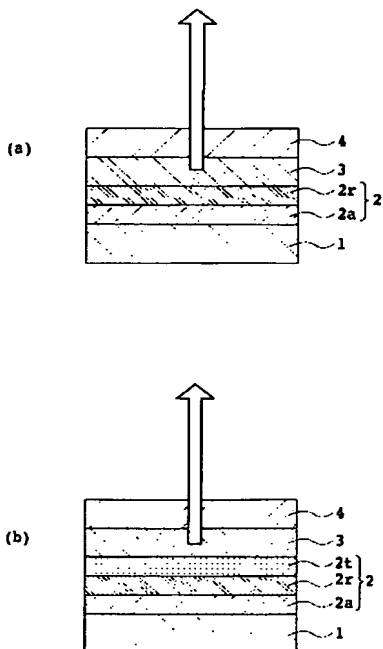
- 1 基板
- 2 下部電極
- 2 a 平坦性付与層
- 2 r 反射性付与層
- 2 t 透明導電性酸化物層
- 3 有機EL発光層
- 4 上部電極
- 1 1、2 3、3 4 正孔注入層
- 1 2、2 4、3 5 正孔輸送層
- 1 3、2 5、3 6 有機発光層
- 1 4、2 6、3 7 電子輸送層
- 1 5、2 7、3 8 電子注入層
- 2 1 透明基板
- 2 2、3 9 透明電極

40

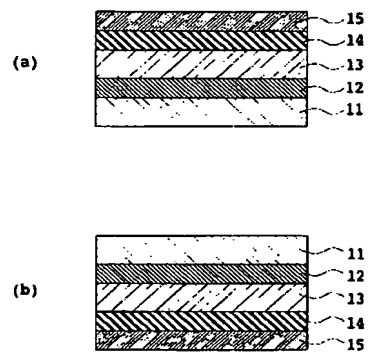
50

- 2 8 上部電極  
3 1 基板  
3 2 反射性電極  
3 3 正孔注入性電極

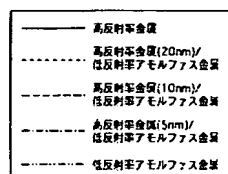
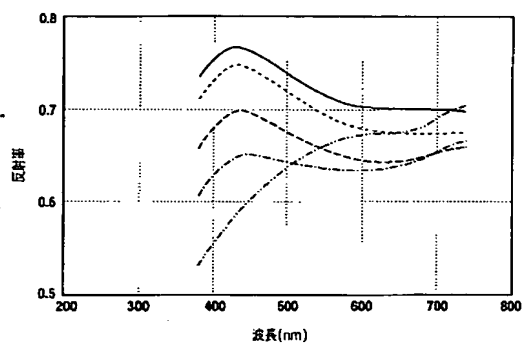
【図 1】



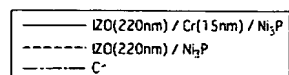
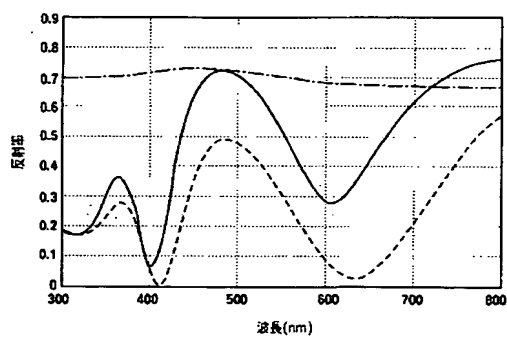
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

